

ЛОКАЛЬНЕ ЗНОШУВАННЯ ТВЕРДИХ СПЛАВІВ ЛЕГОВАНИХ НАНОКАРБІДОМ ВОЛЬФРАМУ ПРИ ТОЧІННІ

С.Ю. Мариненко, Л.Г. Бодрова, Г.М. Крамар, І.В. Коваль

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

Abstract. The tool life and local wear mechanisms of titanium carbide based hard alloys alloyed with tungsten nanocarbide during finishing and semi- finishing operations of steels 20, 35, 40X cutting are researched in the paper. It is shown that the tool life of alloys with nano WC in 1,1 ... 1,7 times is higher compared to alloys alloyed with fine-grained WC and in 1,2 ... 1,4 times higher compared to T15K6 and TH20 alloys. It is determined that the abrasion wear is the main local wear mechanism of nano WC alloys. In the wear zone the tribolayer which consists of iron, titanium and tungsten oxides is found.

Одним із шляхів зростання ефективності металообробки є підвищення ресурсу роботи інструментів та продуктивності різання, що забезпечується розробленням та впровадженням матеріалів, які поєднують високі фізико-механічні властивості, такі як твердість, зносостійкість, міцність та тріщиностійкість [1,2]. Цим вимогам, окрім стандартних вольфрамо-кобальтових сплавів, задовольняють тверді сплави на основі карбіду титану, легованного карбідами ванадію, ніобію та вольфраму різної зернистості (дрібнозернистий та нанорозмірний) з нікель-хромовою зв'язкою [3, 4]. Дослідження фізико-механічних властивостей твердих сплавів легованих наноздисперсним карбідом вольфраму показали, що вони мають високі твердість та тріщиностійкість і є перспективними інструментальними матеріалами [5].

Метою даної роботи було дослідження періоду стійкості та механізмів локального зношування твердих сплавів, легованих нанозернистим карбідом вольфраму на операціях чистового та напівчистового точіння мало-, середньовуглецевих та легованих сталей.

Матеріали та методика досліджень. Для визначення періоду стійкості методом порошкової металургії виготовляли чотиригранні непереточувані пластини із твердих сплавів TiC-5VC-5(10,15) наноWC-18(NiCr). Ріжучі властивості розроблених сплавів досліджували при поздовжньому і торцевому точінні мало-, середньовуглецевих та легованих сталей 20, 35 та 40X. Режими різання: $v = 90 \dots 120$ м/хв, $s = 0,25$ мм/об, $t = 0,5 \dots 1,5$ мм. Для порівняння використовували дані роботи [6] у якій авторами досліджено період стійкості стандартних сплавів T15K6 і TH 20, а також із сплаву на полікарбідній основі з 5%(мас.) дрібнозернистого карбіду вольфраму (TiC-5VC-5NbC-5WC-18(NiCr) при обробці аналогічних сталей.

При поздовжньому точінні встановлювали період стійкості при критерії зношування по задній поверхні 0,7 мм, а при торцевому – критичну швидкість різання (максимальну швидкість, при якій відбувалося зношування пластин по задній поверхні 0,7 мм і більше, але пластини не зазнавали катастрофічного зношування).

Торцеве обточування проводили на диску із Сталі 50 із зовнішнім діаметром 300 мм та отвором 40 мм. Режими різання: $s = 0,25$ мм/об, $t = 1,0$ мм, $n = 1250$ об/хв. Критичну швидкість різання визначали за формулою

$$V_{кр.} = \frac{\pi D_{кр.} n}{1000},$$

де $D_{кр.}$ – діаметр заготовки, при якому зношування по задній поверхні дорівнює 0,7 мм.

Особливості локального зношування твердосплавних пластин при різанні встановлювали методом мікрорентгеноспектрального аналізу на скануючому електронному мікроскопі SELMI РЭМ 106И, хімічний склад зони зношування визначали за допомогою системи рентгенівського дисперсійного аналізу.

Результати та їх обговорення. Результати стійкісних випробувань непереточуваних чотиригранних пластин із сплаву TiC-5VC-5WC(нано)-18NiCr порівняно із сплавом TiC-5VC-5NbC-5WC-18NiCr, за результатами [6], при обробці мало-, середньовуглецевих та легованих сталей приведено на рис. 1.

Встановлено, що тривалість роботи пластин із сплаву, легованого нанодисперсним карбідом вольфраму при обробці Сталі 35 склала 109 хв, 40Х – 87 хв, а сплаву з дрібнозернистим карбідом вольфраму – 98 хв і 51 хв відповідно. Таким чином, при обробці легованої сталі стійкість сплавів, легованих нанокарбідом вольфраму в 1,7 разів вища, тоді як при обробці середньо вуглецевої сталі – всього на 10%.

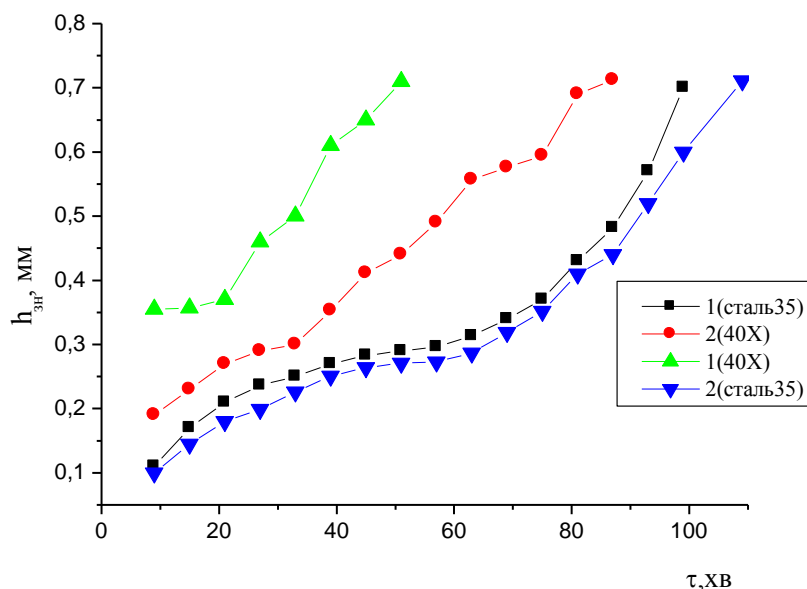


Рис. 1 Залежність величини зношування пластин із сплавів TiC-5VC-5NbC-5WC-18NiCr (1) за результатами [6] та TiC-5VC-5WC(нано)-18NiCr (2) від тривалості роботи при обробці конструкційних сталей. Режими різання: $V=90\text{м/хв}$; $S=0,25\text{мм/об}$; $t=1,5\text{ мм}$.

Для порівняння стійкості пластин із сплавів, легованих нанодисперсним карбідом вольфраму, дрібнозернистим карбідом вольфраму, T15K6 та ТН20 проводили обробку сталі 20. Результати випробувань приведено на рис. 2. Тривалість роботи пластин із сплаву TiC-5VC-5WC(нано)-18NiCr склала– 154 хв, що в 1,2 рази вища, ніж сплаву T15K6, в 1,4 рази, ніж сплаву ТН20 і в 1,3 рази, ніж сплаву на основі карбіду титану, легованого дрібнозернистим карбідом вольфраму.

Однак, характер зношування пластин із досліджуваних сплавів має певні відмінності. Зношування пластин із вольфрамокобальтового сплаву T15K6 протікало більш інтенсивно до величини 0,65 мм протягом 80 хв, а далі стабілізувалось, причому величина зношування 0,7 мм не вичерпала можливості подальшої роботи пластинами з цього сплаву. Тобто перевага розроблених сплавів з нанодобавками карбіду вольфраму може бути нівельована при більш тривалій роботі пластин із вольфрамокобальтових твердих сплавів.

Для пластин із сплавів на основі карбіду титану (ТН20, легованих дрібнозернистим і нанодисперсним карбідом вольфраму) характер зношування відмінний від зношування пластин із сплаву T15K6 - у них період припрацювання пластин менший (30...40 хв) і стабільна робота інструменту відбувається при величині зношування по задній поверхні від 0,2 до 0,4 мм. При зношуванні до 0,7 мм пластини із таких сплавів вичерпали свої можливості, оскільки при подальшому використанні спостерігали сколи вершин і руйнування кромки.

При зношуванні по задній поверхні до 0,4 мм період стійкості пластин із сплавів

на основі карбіду титану, легованого нанодисперсним карбідом вольфраму, як і сплавів з дрібнозернистим карбідом вольфраму та ТН20 значно більший (70-100 хв), ніж у сплаву Т15К6 (40 хв) у якого в процесі різання на цьому етапі відбувається припрацювання інструменту.

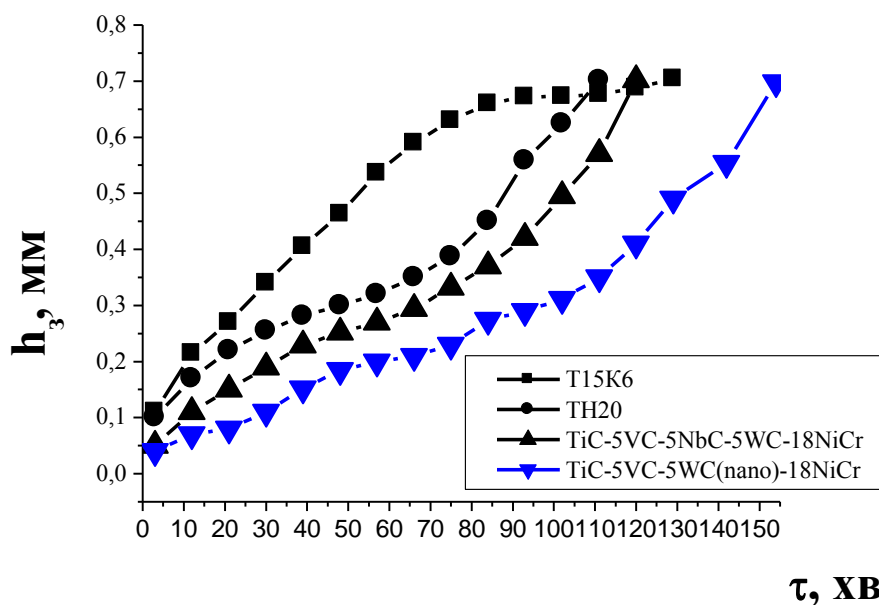


Рис. 2. Залежність величини зношування пластин із сплавів TiC-5VC-5WC(нано)-18NiCr і Т15К6, ТН20, TiC-5VC-5NbC-5WC-18NiCr за даними [6] від тривалості роботи при обробці сталі 20. Режими різання: $V=120\text{ м/хв}$; $S=0,25\text{ мм/об}$; $t=1,5\text{ мм}$.

Розраховували критичну швидкість зношування при торцевому точінні сплавів, легованих 5, 10, 15 % (мас.) нанодисперсного карбіду вольфраму. Встановлено, що найвищу критичну швидкість різання (830 м/хв.) показали сплави з вмістом нанодисперсного карбіду вольфраму 15%(мас.).

Зношення пластин при повздовжньому точінні при досліджуваних швидкостях різання відбувалося головним чином по задній поверхні ріжучого леза шляхом абразивного стирання (рис.3). Основними ознаками руйнування поверхні ріжучого інструменту як і сплавів, легованих дрібнодисперсним карбідом вольфраму [6], так і з досліджуваних сплавів (рис.3 в,г) на цій ділянці є руйнування міжзеренних границь, зв'язки, розтріскування крупних карбідних зерен та видалення їх осколків з утворенням проточин тертя; викришування дрібних карбідів (менше 1 мкм). В результаті цих явищ на поверхні інструменту утворюються дрібні кратери і сколи.

При торцевому точінні на високих швидкостях різання 500-800 м/хв характер зношування змінюється. В результаті зростання температур та сил різання зростає вплив дифузійного та окислювального механізмів, що приводить до катастрофічного зношення. На задній поверхні ріжучих пластин виявлено тонкий трибошар, що містить значну кількість кисню та елементів, які входять до складу оброблюваного та інструментального матеріалу, головним чином заліза, титану і вольфраму.

В досліджуваних сплавах карбіди займають більше 80% об'єму і мають розмір 0,8...2 мкм, а товщина прошарків зв'язки не перевищує 0,2-0,4 мкм. Таким чином, величина абразивних частинок значно перевищує товщину прошарків зв'язки і в першу чергу руйнуються карбіди за крихким або втомним механізмом руйнування.

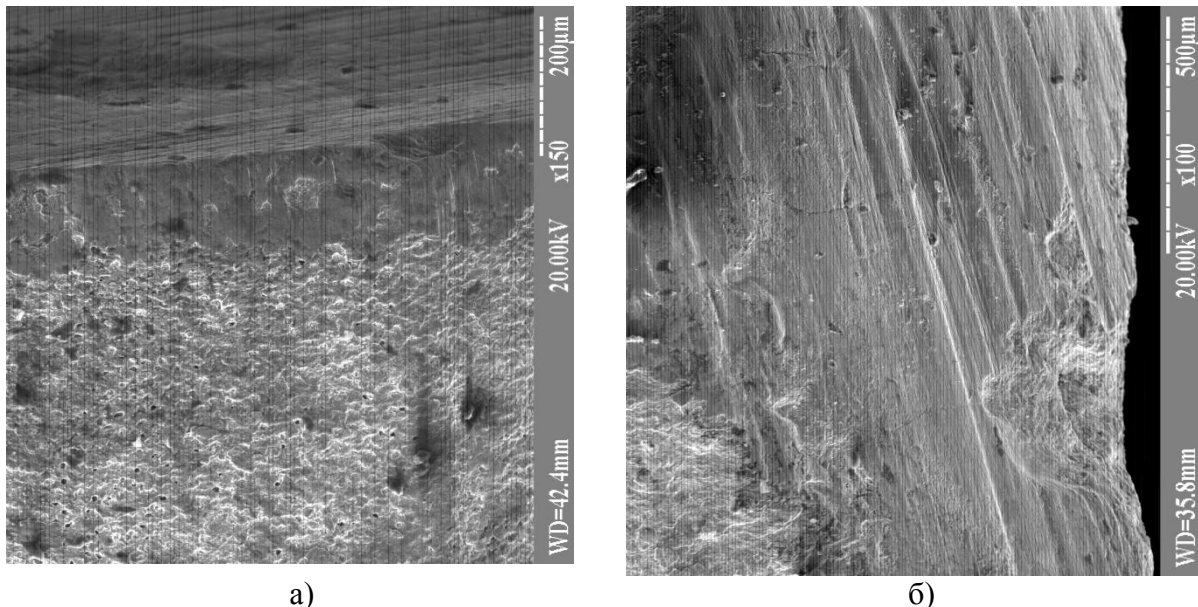


Рис.3. Зношування сплаву TiC-5VC-15WC(нано)-18NiCr при повздовжньому (а) і торцевому (б) точінні.

Вищу стійкість показали сплави на основі карбіду титану, легованого нанодисперсним карбідом вольфраму в кількості 15 % (мас.).

Висновки. Проведеними дослідженнями показано можливість використання твердих сплавів на основі карбіду титану, легованого карбідом ванадію і нанодисперсним карбідом вольфраму з Ni-Cr зв'язкою в якості інструментального матеріалу на операціях чистового та напівчистового точіння конструкційних сталей. Використання нанокарбіду вольфраму підвищує зносостійкість ріжучого інструменту – період стійкості сплавів з нано WC складає 109...154 хв і перевищує стійкість стандартних твердих сплавів і аналогічних сплавів, легованих дрібнодисперсним карбідом вольфраму. Встановлено, що основним механізмом локального зношування досліджуваних сплавів є абразивне стирання. В зоні зношування виявлено трибошар, що свідчить про зношування сплавів за дифузійним та окислювальним механізмами.

1. Лоладзе Т.Н. Прочность и износостойкость режущего инструмента / Т.Н. Лоладзе. – М. : Машиностроение, 1982. – 320 с.

2. Characterisation and application of titanium carbonitride-based cutting tools / A.Bellosi, R.Cflzavarini, M.G. Faga [et al.] // J. of Mat. Proc. Techn. – 2003. – 143-144. – P. 527–532.

3. Bodrova L. Carbide titanium and vanadium alloys for cutting tools / L. Bodrova // Proc. of the Powder Metallurgy World Congress (Granada, Spain, 1998), EPMA, London. – Vol. 4. – Pp. 110–114.

4. Some Properties of The TiC-(VC,NbC, WC) Based Hard Alloys / L. G. Bodrova, V. V. Lazaryuk, S.Yu.Marynenko [et al.] // Международный сборник научных трудов «Прогрессивные технологии и системы машиностроения». – Донецк, 2006. – Вып. 31. – С. 56–64.

5. Бодрова Л.Г. Тверді сплави на полікарбідній основі, леговані дрібно- та нанодисперсним карбідом вольфраму / Л.Г. Бодрова, І.В. Коваль, М.М. Прокопів // Породоразрушающий и металлообрабатывающий инструмент – техника и технология его изготовления и применения: сборник научн. труд. – К.: ИСМ им. В.И. Бакуля, 2011. – Вып.14. – С. 490-494.

6. Особливості зношування твердих сплавів (Ti, V, Nb, W)C-NiCr у процесі різання / С. Ю. Мариненко, Л. Г. Бодрова, Г. М. Крамар [та ін.] // Вісник ТДТУ. – 2009. – Том 14. – № 4. – С. 27–32.